

ESTUDOS PARA A RENOVAÇÃO DA ESTRUTURA LOGÍSTICA COM A IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS INTELIGENTES EM PORTOS E TERMINAIS BRASILEIROS

Guilherme da Rocha Haber Gomes (Aluno - IC) e Carlos Andrés Hernández Arriagada (Orientador - IC)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

Se formos considerar a história e as noções básicas do desenvolvimento da economia e das necessidades de locomoção da espécie humana, o transporte marítimo, de uma forma geral, teve e tem sua considerável importância no que diz respeito aos âmbitos mencionados. Sendo assim, frente ao advento e desenvolvimento dos processos da globalização e dos princípios gerais da interconexão entre nações, os países, de certa forma, são levados ao entendimento da promoção de uma cultura de eficiência e, consequentemente, competitividade. No que diz respeito a procura pela otimização de custos das infraestruturas portuárias mundiais, destacasse o esforço de se implementar novas tecnologias e métodos da nova geração, ou seja, da indústria 4.0, além da construção de zonas onde há o desenvolvimento constante de práticas inovadoras e voltadas, justamente, à aplicação dos conceitos anteriores. Dessa maneira, a temática explorada nesta pesquisa é justamente dos conceitos gerais, primeiramente, das metodologias a serem aplicadas a fim de diagnosticar e avaliar as capacidades reais do porto, secundamente, da eficiência e competitividade nas práticas econômicas portuárias e, em terceiro, as possibilidades de implementação dos modelos tecnológicos 4.0 nos moldes e padrões de “Smart Ports” e “Smart Cities” em território nacional. Ademais, elevando também exemplificações da instituição destes modelos em territorialidades costeiras e terminais portuários diversos, onde avalia-se seu impacto nas práticas de gestão portuária, em sua eficiência e competitividade, além do desenvolvimento urbano e a consequente administração estratégica municipal subsequente.

Palavras-chave: Eficiência. Competitividade. Indústria 4.0.

ABSTRACT

If we are going to consider the history and basic notions of the development of the economy and human species locomotion needs, the maritime transport, in general, had and still has considerable importance regarding scopes. Therefore, in view of the advent and resourcefulness of globalization processes and general principles of the interconnection between nations, countries, in a way, are led to understand the promotion of a culture of efficiency and, consequently, competitiveness. With regards to the search for cost optimization of world port infrastructures, the effort to implement new technologies and methods of the new generation, that is, of the 4.0 industry should be highlighted, in addition to the construction of areas where there is a constant development of innovative practices aimed precisely at the application of previous concepts. Thus, the theme explored in this research is precisely the general concepts, firstly, the methodologies to be applied in order to diagnose and evaluate the real capacities of the port, secondly, the efficiency and competitiveness in port economic practices and, thirdly, the possibilities implementation of technological models 4.0 in the molds and standards of "Smart Ports" and "Smart Cities" in the national territory. Furthermore, also raising examples of the institution of these models in coastal territorialities and various port terminals, where their impact on port management practices, on their efficiency and competitiveness, in addition to urban development and the consequent subsequent municipal strategic administration is evaluated.

Keywords: Efficiency. Competitiveness. Industry 4.0.

1. INTRODUÇÃO

Seguindo a premissa elevada no resumo da pesquisa, antes mesmo de começarmos a considerar os métodos e processos tecnológicos que serão percorridos mais a frente, devemos ter como princípio as noções gerais das necessidades dos portos em nossa sociedade. Dessa forma, como dito, se formos considerar a história e as noções básicas do desenvolvimento da economia e das necessidades de locomoção da espécie humana, nota-se que desde a época das grandes navegações, que tiveram início no século XV (FALCÃO; CORREA, 2012), o transporte marítimo tem uma considerável importância nos âmbitos antes mencionados. Atualmente, com o advento e desenvolvimento dos processos da globalização e dos princípios gerais da interconexão entre nações, o transporte marítimo e, conseqüentemente, os portos, se tornaram peças fundamentais para alavancar o desenvolvimento do comércio internacional de um país, muitas das vezes, representando grande parte de sua estrutura econômica, podendo, além disso, ser um marco para as questões do desenvolvimento social e urbano nacional.

Dentro desse contexto, nasce a preocupação mundial em estudar maneiras de otimizar os custos da infraestrutura portuária e, por conseguinte, ganhar competitividade, uma vez que, grande parte do comércio internacional é realizado pelos modais marítimos (ESMER; 2008). Dessa maneira, portos são considerados como uma das principais forças que movem a economia mundial. Portanto, ao elevar tais problemáticas e desenvolver discussões relacionadas a tópicos como, por exemplo, a diminuição dos custos operacionais e implementação de novas tecnologias, a economia global ganha.

Tendo isso em mente, portos e terminais marítimos representam um dos focos principais para a estruturação de uma economia estável de um país. Posto isso, o crescimento constante do setor marítimo tem feito com que portos e cooperativas invistam em novas tecnologias da chamada indústria 4.0, essa também batizada de 4ª revolução industrial, que reconhece em uma grande escala as noções de automação e troca de dados, bem como a implementação da digitalização e hiperconexão de atores às estruturas e cadeias logísticas respectivas. Visualizados em portos como os de Hamburgo, Roterdã e Singapura, por exemplo, a questão dos “Smart Ports” (ou “Portos Inteligentes”), termo esse utilizado para descrever a nova geração de portos automatizados e tecnologicamente compostos, veem ganhando mais espaço no que diz respeito a infraestrutura geral das atividades portuárias e suas ligações com o meio internacional (LI et. al, 2023).

Ademais, em complemento aos modelos e propostas de tecnologias novas em portos, que inauguram assim o conceito de “Smart Ports”, e coexistindo com os novos paradigmas introduzidos sobre terminais portuários, existem as denominadas “Smart Cities”.

De certa maneira, o conceito de uma cidade inteligente, onde a possibilidade de implementação e integração de dados, se pareada com o desenvolvimento de novos portos e com a evolução do gerenciamento dos já existentes, podem possibilitar a visualização e o crescimento de um novo modelo urbano das cidades, onde as mesmas tecnologias 4.0 poderão ser empregadas nas práticas cotidianas e relações produtivas das sociedades fruidoras delas.

Posto isso, tendo em vista o pioneirismo dos conceitos e modelos apresentados, pode ser mencionado um exemplo, esse que será elevado mais à frente na pesquisa, de cidade e urbanismo onde se utilizam das novas tecnologias e zoneamento inteligente, em integração com as zonas portuárias já existentes. Dessa forma, introduz-se à cidade de Dublin, especialmente na zona das docas, o conceito de “Smart Docklands”, local esse que teria a função principal de se criar um modelo e série de diretrizes de uma cidade inteligente.

Contudo, mesmo que haja uma tendência mundial caminhando na direção de propostas iguais ou semelhantes às apresentadas pelos “Smart Ports” e “Smart Docklands”, e que há um crescente de tais ideologias no Brasil, ainda sim constata-se que diversos dos atores portuários nacionais não dispõem dos mesmos conceitos de investimento e desenvolvimento para com tais propostas. Em detrimento disso, entende-se que escolhas essas acabam representando, dentre o cenário mundial de exportações, uma das grandes deficiências na eficiência e competitividade no tratamento para com o comércio mundial, resumidamente, colocando o país em uma posição “debilitada” se comparado a outros players mundiais.

Elevado o problema central para o decorrimento da pesquisa e através de um levantamento bibliográfico, foram definidos 6 componentes centrais: Eficiência e Produtividade, Tecnologias, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Segurança e Segurança Cibernética, Produção Energética, e Urbano e Social, que associados as análises feitas acima, compõem as principais ideias do trabalho, as quais serão detalhadas de modo que se possa compreender melhor os principais focos de atuação nesse estudo.

Dessa forma, frente ao que foi abordado anteriormente, conclui-se que diante do contexto de escassez de pesquisas e investimentos nos tópicos relacionados à aplicação de novas tecnologias para a renovação da estrutura logística dos portos e terminais brasileiros, além das estruturas de urbanização pós-revolução 4.0, há a existência de novas possibilidades para estudos, que assim como o objetivo central dessa iniciação, focam nos processos de modernização dos terminais e polos urbanísticos, além da possível criação de roteiros e ferramentas para a orientação e auxílio das gestões portuárias e governamentais de uma forma geral.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

Tendo mantido seus principais elementos e características ao longo da história, o transporte marítimo possui um grande papel no que diz respeito às trocas comerciais, nacionais e internacionais, sendo um dos maiores fatores para a estrutura econômica mundial contemporânea. De certa forma, com o rápido crescimento a partir da metade da década de 1980, o comércio marítimo representa, atualmente, mais de 90% das trocas comerciais internacionais do mundo (ESMER, 2008).

Posto isso, entende-se que a integração cada vez maior das economias globais, tanto por motivos de internacionalização dos padrões e modelos atuais de produção industrial e de consumo, quanto pela divisão de tarefas e atribuições do trabalho em escala global (ESMER, 2008), estão incentivando, por assim dizer, o desenvolvimento de uma estrutura logística que supra as necessidades atuais do contexto globalizado, portanto, cada vez mais ingressando nas questões da procura de melhor eficiência e competitividade gerada por esse cenário.

Considerando a contextualização do crescente comércio marítimo, nota-se a criação e necessidade de se implementar parâmetros de análise comparativa da eficiência de um porto, frente a competitividade do setor de comércio marítimo. As relações complementares do fator de eficiência e competitividade vêm-se balizadas pelas estruturas de custo e capital do mercado e economia mundial (TAHAR; HUSSAIN, 2000). Eleva-se, frente a demanda de um sistema portuário eficiente, as ligações diretas com as correntes gerais de mercado e a estruturação geral da economia de um país, que se analisadas juntamente com os conceitos de custos de operação e relações com o capital, demonstram a importância da eficiência como um importante contribuinte para a competitividade internacional de uma nação (TONGZON, 1989; CHIN, TONGZON, 1998).

Mesmo com a elaboração dos conceitos principais orientadores das questões de gestão dos portos e terminais e o ordenamento das necessidades de um sistema eficiente e, conseqüentemente, competitivo, os parâmetros para ferramentas analíticas são voláteis e sofrem mudanças constantes. Se tratando de portos, a complexidade das tramas administrativas e logísticas, além da heterogeneidade de produtos e métodos de operações específicas para cada um, desafiam a criação de um único padrão avaliativo de suas performances (FALCÃO; CORREIA, 2012).

Entretanto, dentro desse mesmo contexto, a UNCTAD (1999) sugeriu duas categorias de indicadores: a baseada em indicadores de desempenho macro que quantificam os impactos portuários na atividade econômica, e a voltada para a análise dos

micros indicadores de desempenho que avaliam a relação entrada / saída das ações portuárias.

Dessa maneira, frente às diversas metodologias e variáveis aplicadas na análise dos processos portuários, atualmente podem ser classificados os indicadores de desempenho em duas principais categorias, a operacional e financeira (UNCTAD apud ESMER, 2008). O primeiro grupo consiste-se em uma ótica de avaliação voltada para a eficiência relativa do porto, focando na projeção do conjunto de observações de forma a separar as unidades de tomada de decisão, ou seja, do tipo “Análise Envoltória de Dados” (DEA¹ – Data Envelopment Analysis) (ACOSTA; SILVA; LIMA, 2011). No segundo grupo estão os trabalhos que ponderam a eficiência técnica e/ou econômica dos portos, de certa forma, fazendo uma comparação se utilizando de padrões técnicos ou comportamentais, do tipo “Fronteira Estocástica” (SFA² – Stochastic Frontier Analysis) (FALCÃO; CORREIA, 2012).

Posto isso, mesmo antes da aplicação ou considerações a serem feitas para a implementação dos recursos tecnológicos discutidos na pesquisa, os modelos portuários devem passar pela inicial observação de suas estruturas básicas e originárias, ou seja, impondo as metodologias e variáveis específicas de cada grupo de análise. Para melhor descrição dos processos, há a necessidade de se aprofundar na observação dos modelos e a aplicação das metodologias subsequentes, descrevendo seus processos e aplicação, por exemplo, em padrões de desenvolvimento em países emergentes, como Índia e Brasil.

Destarte, o primeiro grupo definido pela tipologia DEA se baseia justamente na divisão das tarefas e, por assim dizer, definir a eficiência individual dos processos logísticos de um determinado objeto de estudo, elevando, a priori, o caso de seus custos e segmentando as correções a serem aplicadas no modelo de infraestrutura em si, frente aos julgamentos de valor dos tomadores de decisão ou gestores. O DEA, nesse caso, em seu objeto central de minimização do uso de recursos e maximização da produção subsequente do exemplo aplicado, resulta exatamente na indicação de um índice de eficiência, onde as unidades produtivas, respectivamente ineficientes, precisam melhorar dentro de um sistema de produção único.

¹ DEA, ou Data Envelopment Analysis (Análise Envoltória de Dados), é uma metodologia de análise de eficiência que compara uma eficiência revelada (tida como eficiência otimizada) com a eficiência das unidades analisadas estabelecendo um indicador de avaliação da eficiência da relação insumos/produtos dessas unidades.

² SFA, ou Stochastic Frontier Analysis (Fronteira Estocástica), é uma metodologia paramétrica e estocástica. O SFA, por ser paramétrico, é definido como um modelo descrito a partir de uma equação linear, não utiliza dimensões restritas, não tem restrição quanto ao tamanho da amostra e os dados tanto podem ter baixa quanto alta correlação.

No grupo dois, a proposta de metodologia baseada em fronteiras estocásticas ou SFA, sistema esse de cunho paramétrico e que não utiliza dimensões restritas de estudo. De fato, a metodologia SFA faz uma comparação do desempenho dos portos com padrões técnicos ou comportamentais, contudo sendo limitado e, principalmente, defasado pela necessidade de grandes quantidades de dados de difícil acesso (FALCÃO, CORREIA; 2012) Ainda mais, dentre esses a aplicação da metodologia DEA implicada na setorização das atividades logísticas e estruturais dos portos e terminais, por exemplo, também imputa a divisão e, conseqüentemente, a categorização descritiva de cada etapa. A infraestrutura portuária, de uma forma geral, pode ser dividida em 5 zonas de estudo (ESMER, 2008), onde a aplicação prática da metodologia DEA respalda na futura contextualização e implementação das tecnologias 4.0. São essas zonas: **1.** Operações de Ancoradouro (Berth Operations); **2.** Operações de Navios (Ship Operations); **3.** Operações de Pátio (Yard Operations); **4.** Operações de Portão (Gate Operations); **5.** Agendamento (Scheduling).

Em complemento a divisão pragmática aplicada anteriormente, no que tange as noções gerais da arquitetura das infraestruturas portuárias, pode-se mencionar ainda as operações realizadas dentro de tais zonas. Sugerindo que atividades complexas portuárias interconectadas sejam divididas em quatro subgrupos (HASSAN et. al, 1993), sendo esses: **1.** Operações de Navios; **2.** Manejo de Carga; **3.** Estocagem e Armazenagem; **4.** Transporte Terrestre; nos mesmos padrões dos estudos, intrinsecamente, é delimitado três categorias mais abrangentes, as quais englobam, por assim dizer, indicadores físicos, fatores de produtividade e econômicos / financeiros (TRUJILLO; NOMBELA, 1999)

Tais indicadores mais abrangentes, além de incorporarem na constituição de suas premissas de análises os subgrupos antes mencionados e muitos outros parâmetros desenvolvidos e cogitados, também trabalham com as capacidades analíticas das metodologias DEA e SFA. Dessa maneira, pavimentam as principais formas de controle e identificação das problemáticas e respectivas necessidades de cada sistema portuário no meio internacional, e abrem, por assim dizer, as possibilidades de diagnóstico e soluções providas pelas novas tecnologias da indústria 4.0, foco esse da iniciativa de trabalho.

Tendo em mente os parâmetros de análise estabelecidos, além dos desafios encontrados por economias emergentes dispostas a investir na desenvoltura de suas infraestruturas comerciais globais, entende-se que esses são os responsáveis por medir os níveis de performance e eficiência dos portos e, conseqüentemente, sua competitividade frente às exigências do mundo globalizado. Sendo assim, o Brasil encontra-se, de certa forma, em uma posição de evidente importância, uma vez responsável por uma grande parte da movimentação de bens e insumos no âmbito do comércio internacional, ocupando o 25º lugar no ranking mundial.

Foram apresentados ensaios referentes aos tipos de análise DEA e SFA, que comprovam surpreendentes e consideráveis resultados, a plena eficiência de certos portos e terminais brasileiros diante das estruturas atuais logísticas (MENEGAZZO; FACHINELLO, 2014), registrando aumentos significativos nos valores de exportações, atingindo aproximadamente US\$ 210 bilhões no primeiro semestre de 2020. Ademais, o Brasil passou a ter destaque nos quesitos administrativos gerais dos serviços portuários nacionais, refletindo nos processos de atualização de complexos portuários com novos equipamentos e investimentos em infraestrutura, aumentando, conseqüentemente, a qualidade dos serviços e a redução de custos. Contudo, mesmo estando em uma posição considerável no contexto de exportações e investimentos nacionais, o Brasil representa a 12^a potência econômica mundial (THE WORLD BANK, 2022), e dessa maneira, esperava-se que as exportações e movimentações de bens por meio dos portos, modal responsável, aproximadamente, por mais de 80% das exportações nacionais, fossem superiores aos que são apresentados atualmente.

Conclui-se então que, de uma forma geral, mesmo apresentando resultados positivos na eficiência e investimentos nos complexos portuários, os portos brasileiros ainda expõem uma infraestrutura que carece de meios mais atualizados de tratamento e escoamento das cargas, ou seja, de uma infraestrutura voltada para as estruturas logísticas e tecnológicas. Ocupando a 91^a posição, no que diz respeito à infraestrutura e eficiência portuária (ABDIB; 2020), os sistemas de portos e terminais nacionais atestam, por assim dizer, os problemas para com o posicionamento não condizente do país no cenário das exportações mundiais e a falta de competitividade frente a outros “players” que disputam posições de prestígio nos mercados mundiais e que, conseqüentemente com rendimentos econômicos substancialmente maiores, aprimoram outros aspectos de desenvolvimento social e até mesmo voltados à sustentabilidade.

De certa forma, mesmo que parcialmente preenchido por investimentos privados nacionais e externos nos polos portuários brasileiros, o vácuo criado pelas análises realizadas com as metodologias já amplamente percorridas anteriormente, promulga e evidencia que ainda há espaço para o desenvolvimento e aplicação de novas práticas inteligentes, as quais, em suma, representam as premissas de melhorias na eficiência e competitividade. Dentro dessa lógica dos sistemas integrados de logística e suas infraestruturas, juntamente com a indispensabilidade do investimento na melhor construção dos portos nacionais, surge à possibilidade, assim como dito, da renovação de tal estrutura logística pré-existente e a implementação das novas tecnologias da indústria 4.0. As chamadas novas tecnologias instituem, de uma forma geral, a integração de diversos processos administrativos e sistemas distintos, e no âmbito da gestão portuária, estão

relacionadas principalmente com operações voltadas para a movimentação e armazenagem de cargas. De certa maneira, aqueles que empregam estas diretrizes podem ser denominados de portos inteligentes ou “Smart Ports” (MOURA, 2020).

Embora o termo “Smart Ports” tenha sido recentemente empregado de forma mais abrangente no meio logístico e de análises da cadeia de produção atualmente desenvolvidas, o seu significado ainda pode ser um pouco vago (MENGCHI et al, 2023). De fato, portos inteligentes comumente atribuem as suas questões estruturais a premissa da equipagem de novas soluções tecnológicas, imputando a necessidade de tais estruturas logísticas, ou seja, os portos, a se adaptarem as novas cadeias de produção e distribuição de bens em cenários nacionais e internacionais. Por ser um produto direto da indústria 4.0, pode-se dizer que “Smart Ports” ainda estão em processo de transformação e que não há um consenso para com a sua definição, de certa forma, ainda fragmentada e repleta de perfis diversos.

Sendo assim, mesmo que sem ser possível prover uma perspectiva definitiva para os portos inteligentes, é sabido de sua direta integração aos meios atualizados de dados e interconexões sistemáticas, concentrando na profunda integração de serviços da nova geração de tecnologias, como a comunicação 5G, IoT³, IA⁴, Big Data⁵, etc; (CHEN et al, 2019), além de sistemas que envolvem plataformas digitais, como o próprio PCS⁶ e PortCDM⁷.

A partir das noções básicas da proposta de implementação dos padrões tecnológicos da nova indústria, destaca-se a procura por soluções de problemas específicos voltados à ineficiência e integração das indústrias pré-4ª revolução (MOURA, 2020), incluindo os sistemas portuários como um derivado do conceito de indústria. Podem ser sintetizados em soluções que, como dito, abordam tecnologias de informação, implementação de conceitos como Internet das Coisas (IoT – Internet of Things), bancos de dados e de simulações etc., "

³ IoT, ou Internet of Things (Internet das Coisas), é um sistema no qual várias coisas (dispositivos) são conectadas à Internet afim de utilizar por completo as informações fornecidas por tais dispositivos.

⁴ IA, abreviação de Inteligência Artificial, é um braço da ciência computacional que estuda “inteligência” utilizando o conceito de “computação” e a ferramenta dos “computadores”.

⁵ Big Data se refere a várias tipologias de dados em várias formas e com várias características. Big Data consiste em três V's: Volume (quantidade de dados), Variedade (tipos de dados), e Velocidade (frequência de geração e atualização de dados).

⁶ PCS, ou Port Community Systems (Sistemas da Comunidade Portuária), é um sistema modular projetado para fornecer ferramentas específicas a todos os “players” portuários, fornecendo um sistema totalmente integrado.

⁷ PortCDM, ou Port Collaborative Decision Making (Sistema de Decisão Colaborativa do Porto), é um sistema que promove o compartilhamento de dados em tempo real, entre todos os atores portuários envolvidos no processo.

(WANG et al, 2016) todos voltados, essencialmente, à procura de melhor eficiência e competitividade.

Dessa maneira, ao se estabelecer o pressuposto de inerente relação dos portos inteligentes com a nova indústria 4.0:

1. Como a moderna logística marítima se aplica em um contexto de inovação e evolução tecnológica?
2. Como essas novas tecnologias podem ser úteis na melhoria dos processos administrativos e logísticos de terminais portuários?
3. Quais os possíveis desafios de implementação a serem considerados, isso levando um contexto de uma nação emergente?

Posto isso, levando em consideração o surgimento das novas motrizes da indústria 4.0 no ano de 2011 (MOURA, 2020) e, observando a conjuntura atual, a aplicabilidade dos conceitos da indústria 4.0 nos “Smart Ports”, tem sido amplamente abordada e massivamente empregada por diversos países nos últimos anos, tanto com a renovação de estruturas “ultrapassadas”, quanto na construção de terminais inteiros a partir destes novos conceitos.

A moderna logística marítima, portanto, se encontra imersa na categorização de suas futuras infraestruturas e quais os moldes devem ser estabelecidos para o desenvolvimento do que pode ser descrito como a “maturidade digital” em uma comunidade portuária (HIRATA; WATANABE; LAMBROU, 2022). Definido primeiramente pelo Porto de Rotterdam na Holanda, a “maturidade digital” é dividida em quatro níveis distintos (Tabela 1), esses que delimitam, por exemplo, as capacidades dos terminais baseado em seus níveis tecnológicos. De certa forma, ao procurar pela posição de porto mais inteligente no mundo, o Porto de Rotterdam estabeleceu uma premissa inicial de categorização e aplicabilidade no contexto trabalhado de modernidade nos âmbitos de seus e de outros diversos terminais internacionais.

Por conseguinte, utilizada para melhorar os padrões de competitividade, uma vez que, ao introduzirem processos de automatização, por exemplo, garantem quase que a plenitude do uso de suas capacidades logísticas e produtivas (MONTEIRO; SILVA; BAHIA, 2021), portos como os de Hamburgo, Rotterdam (como mencionado) e Tanger Med, representam apenas alguns exemplos dos novos modelos de portos inteligentes no mundo. Um exemplo a ser ressaltado é o do Porto de Qingdao, na China. A aplicabilidade das novas tecnologias, principalmente de automação, é demonstrada de forma “extrema”, uma vez que, a seção emprega sistemas de navegação por satélite, comunicação 5G, entre

outros componentes que visam uma construção ecológica, e que acarretam a completa automação dos processos portuários (ABTLP, 2021).

Entretanto, as situações levadas em consideração no estudo realizado, partem do pressuposto da existência de uma base de infraestrutura em países considerados, atualmente, desenvolvidos ao praticamente desenvolvidos. Decerto que, até então foram levantados exemplos e situações favoráveis para a implementação das novas tecnologias e parâmetros logísticos, sendo o escopo da pesquisa justamente voltado para o estudo da implementação da indústria 4.0, em sua forma mais crua, nos cenários dos portos e terminais portuários. Contudo, tendo em mente a situação do Brasil, de uma forma geral, pode-se dizer que ele é considerado um país emergente e, conseqüentemente, carente em diversas áreas de infraestrutura logística e administrativa.

Dessa maneira, ao trazer um precedente de estudo que diversifica o objeto de análise e propõem de fato uma tendência que foge dos padrões antes trabalhados, é importante ressaltar que além das problemáticas nacionais referentes as infraestruturas portuárias, assim como outros pontos de atenção, eles acabam por não serem isolados, existindo outros exemplos práticos de importância semelhante. Destarte, considera-se, por sua semelhante posição no contexto internacional, o exemplo da Índia e os respectivos desafios deste país emergente frente a nova geração industrial de tecnologias, as quais também podem ser refletidas na contextualização do cenário brasileiro.

De forma resumida, o caso e situação dos portos indianos pode ser definida por certos estudos já realizados, os quais, conseqüentemente, foram baseados já nas estruturas pré-existentes do país. Sendo assim, o primeiro estudo relevante elevou as políticas governamentais e sugeriu várias iniciativas para promover o setor marítimo e o setor de transporte na Índia. Além disso, também se identificou vários problemas e desafios enfrentados pelos setores e, de certa forma, sugeriu possíveis soluções que aumentariam ainda mais o nível de participação privada e de capital externo (MUKHERJEE, SACHDEVA, 2003). Frente as grandes quantidades de carga escoadas pelos portos do país, identificou-se também o tempo médio de resposta para com as atividades de cada zona do porto, partindo desde o cadastramento e pesagem dos contêineres nos chamados “gates”, até o carregamento final nos navios atracados. Em suma, para os portos na Índia, o tempo de resposta, em média, é de cerca de 48 horas, enquanto portos, como no caso de Hong Kong, é de menos de 10h de resposta (RENGAMANI; VENKATRAMAN, 2015). O estudo em questão, além do mais, apontou as principais razões por trás do atraso nos portos, como a lenta evacuação de carga, congestionamentos, má conectividade rodoviária e ferroviária, as próprias estações de fretamento, preocupações de regulação e burocracias inerentes etc.

Assim como um país emergente, a Índia ainda carece de certas infraestruturas para com as noções básicas da cadeia de suprimentos e distribuição, e como demonstrado e comprovado, os desafios giram ao entorno da logística e, justamente, da falta de tecnologias que auxiliem na dinamização das respostas de cada zona no porto. Em termos mais amplos, uma conectividade bem desenvolvida da “hinterland” e uma logística multimodal são vitais para a evacuação rápida e eficaz de navios e cargas nos portos, aumentando a produtividade deles. A falta de conectividade, leva a maiores estoques, maiores custos de movimentação, atrasos nas entregas e, conseqüentemente, baixa competitividade no comércio mundial (SARKAR; SHANKAR; KAR, 2022).

Tendo em mente a exemplificação trazida da situação dos portos e terminais na Índia, pode-se fazer uma comparação, e até mesmo uma correlação, com a situação brasileira que, assim como mencionado, compartilha de desafios semelhantes no que diz respeito as cadeias logísticas. Ademais, outra questão vigente a ser elevada é, justamente, relacionada ao contexto dos portos brasileiros e sua situação administrativa, ou seja, analisando as formas de gerenciamento público, público-privada ou privada, e suas respectivas eficiências administrativas.

Embora haja dúvidas voltadas à relação de causa e efeito para com os diferentes tipos de propriedade e sua eficiência e competitividade, ainda assim é possível estabelecer uma representação comum e válida do estado de tal indústria. Mesmo que exceções excepcionais existam nesse meio, como a comumente mencionada comparação entre portos com altos desempenhos de Singapura e Hong Kong (sendo eles público e privado respectivamente), por exemplo, é comum encontrar certas diferenças nos valores arrecadados por aqueles de cunho privado e público (TRUJILLO; NOMBELA, 1999).

Até mesmo em sistemas mistos de administração com a concessão para determinadas empresas privadas, onde parte dos setores são abertos para gerenciamento e investimento de capital externo, há uma considerável melhoria nos indicadores de eficiência e competitividade. Assim como no próprio caso do porto de Santos, por exemplo, onde a estatal que administra o porto (SPA – Santos Port Authority), juntamente com as respectivas empresas citadas nas concessões e leilões realizados, encerrou 2022 com alta de 66,3% em seu lucro líquido sobre 2021 (Porto de Santos - SPA; 2023).

Dessa maneira, posto as relações básicas de causalidade dos problemas que ocorrem tanto no Brasil quanto na Índia, é pertinente dizer que há duas categorias a serem abordadas no que tangem ao diagnóstico e solução de problemas, principalmente se tratando de economias emergentes. Norteando a aplicação dos recursos tecnológicos, definindo locais de maior carência, a primeira categoria é voltada à infraestrutura e seus

inerentes casos (PI), e a segunda para a administração e ao regime de gerenciamento dos terminais em si (PA).

Portanto, frente à amplitude das benesses trazidas perante as operações portuárias, bem como a redução de obstruções de carga, coleta e uso mais eficiente de informações e dados (MONTEIRO, SILVA, BAHIA, 2021), uso das premissas das categorias de análise teórica (como DEA e SFA) e situacionais (como PI⁸ e PA⁹) percorridas anteriormente, sem ignorar os respectivos desafios das esferas de infraestrutura e administrativa nas implementações tecnológicas, vê-se necessário a divisão dos métodos utilizados em itens / componentes específicos.

Logo, facilitando os processos de aplicação nos moldes de portos emergentes brasileiros, os componentes são subdivididos pelas metodologias de análise amplamente discutidas anteriormente, se resumindo em 6 itens: Eficiência e Produtividade, Tecnologias, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Segurança e Segurança Cibernética, e o Urbano e Social.

1. **Eficiência e Produtividade:** O estudo da eficiência e de como as entradas se transformam em produtos acabados, torna-se uma medida da produtividade de todo um processo. O significado de produtividade deve ser compreendido de uma maneira mais robusta, que envolve a produtividade e sua ligação à eficácia no trabalho e à qualidade de vida.
2. **Tecnologias:** Tendo como base a indústria 4.0 e suas respectivas tecnologias, entende-se pelo desenvolvimento de novos sistemas, aplicativos de software e padrões de hardware que moldam as atividades de negócios de diversas maneiras, além de componentes que envolvem uma gama variada de instrumentos de leitura e automação de dados, além de ferramentas como o 5G, IoT, IA, Big Data, etc;
3. **Meio Ambiente e Sustentabilidade:** Em termos ambientais, as inovações tecnológicas auxiliam de diversas maneiras: em medidas de prevenção na detecção de condições climáticas adversas; derramamento repentino de substâncias perigosas; gerenciamento de resíduos; monitoramento e controle frequentes da qualidade da água, ar e ruído, além de toda fauna e flora.^{III}
4. **Segurança e Segurança Cibernética:** Com os avanços tecnológicos, a segurança física e cibernética dos procedimentos e operações dos portos tornam-se cruciais

⁸ PI, ou Problemáticas Infraestruturais, é uma categoria estabelecida para agrupar e facilitar a identificação de problemas voltados para a infraestrutura e outros serviços relacionados a cadeia de suprimento e logística.

⁹ PA, ou Problemáticas Administrativas, é uma categoria estabelecida para agrupar e facilitar a identificação de problemas voltados para as questões de administração e gestão.

para o pleno funcionamento deles; através de sistemas como RTLS¹⁰ e de tecnologias de rastreo RFID¹¹, IA, Machine Learning¹², biometria etc.;

- 5. Urbano e Social:** Contando com o desenvolvimento dos portos e, conseqüentemente, das infraestruturas circundantes aos terminais, entende-se que o urbano e aspectos das “hinterlands” são afetadas pelas mesmas mudanças da indústria 4.0, ocasionando na criação das chamadas “Smart Cities”.

Destarte, os modos de aplicação desses componentes, na situação atual, se provam favoráveis e necessárias, uma vez tendo o pensamento crescente de evolução dos portos e complexos portuários no Brasil, e a preocupação para com as novas medidas e parâmetros do mundo globalizado do século XXI. Como exemplo recente e que servirá como um ponto de início no processo de renovação da estrutura logística e de infraestrutura com a efetivação de novas tecnologias, é o caso da compra de um dos setores de grãos (STS 11) do Porto de Santos.

Levando em consideração o leilão realizado no dia 30 de março de 2022, a gigante chinesa “Cofco International” arrematou o direito de explorar o setor e se comprometeu a investir aproximadamente R\$ 765 milhões (G1 SANTOS, 2022). Partindo desse pressuposto, observa-se o cenário de leilões e de investimentos estrangeiros e nacionais como oportunidades para a implementação dos conceitos já instituídos e abordados, representando formas de, dentro do contexto e situação atual, modificar e renovar os portos e complexos portuários brasileiros. Isto é, de forma a implementarem as características administrativas, logísticas e focando, justamente, na procura de portos e terminais mais eficientes e, como trabalhado nesse trecho referencial da pesquisa, mais competitivos frente ao comércio marítimo internacional.^{IV}

Contudo, levando em consideração que para existirem as estruturas básicas dos portos inteligentes, há primeiro a necessidade de se visualizar as infraestruturas inerentes desse processo de modernização, e que envolvem, de certa forma, as principais premissas das chamadas cidades inteligentes. Para as questões práticas da procura da eficiência e competitividade, pode-se dizer que também refletem no desenvolvimento das cidades e nos objetivos comuns de se resolverem os problemas urbanos e sociais.

¹⁰ RTLS, ou Real-Time Location System (Sistema de Localização em Tempo Real), é um sistema que, assim como o nome diz, se consiste na localização em tempo real de contêineres e mercadorias.

¹¹ RFID, ou Radio Frequency Identification (Identificação por Frequência de Rádio), é uma tecnologia a qual estabelece um link de comunicação das cargas que possuem as etiquetas RFID com uma estação base instalada próxima aos contêineres.

¹² Machine Learning abrange a ideia de máquinas com a capacidade de aprenderem sozinhas a partir do abastecimento de grandes volumes de dados.

Dessa maneira, assim como o que foi elevado durante a pesquisa, referente à implementação das novas tecnologias da indústria 4.0 nos portos, os centros urbanos imediatos às estruturas portuárias ou as próprias cidades em si, também deverão passar pelo processo de “atualização” no que diz respeito às cadeias principais de suprimento de bens, água potável, energia, sustentabilidade ambiental, entre outros recursos cruciais para o funcionamento de uma sociedade urbana.

Sendo assim, estabelecendo as circunstâncias para os futuros desafios das regiões urbanas do futuro, uma vez que, 66% da população global estará habitando tais regiões até 2050 (LAI et. al, 2020), vê-se necessário o alinhamento das novas propostas de governabilidade pública e participações da esfera privada, provedores de uma nova infraestrutura de tecnologia da informação, além das tecnologias já amplamente elevadas na pesquisa, colaborando para a transformação das cidades em “cidades do amanhã”. De fato, ao aplicar estes novos parâmetros nas cidades, e acumulando e processando informações digitais sobre certas atividades, mobilidades e infraestruturas urbanas, espera-se que tais cidades possam se tornar mais responsivas, eficientes, sustentáveis e seguras (HALEGOUA, 2020). Uma “Smart City” precisa da base da infraestrutura de tecnologia da informação fundada em padrões que atendam e suportem uma ampla gama de requisitos e possa se adaptar às novas tecnologias, como sensores avançados, ferramentas de medição e análise e soluções orientadas por “Machine Learning” e inteligência artificial (LAI et. al, 2020).

Embora haja, mundo a fora, uma grande participação nos últimos 10 anos por parte de agências governamentais, empresas de tecnologia, fundações independentes no processo de planejamento e implementação dessas novas cidades, ou até da modernização dos existentes centros urbanos, ainda há um limitado consenso envolvendo o conceito, propósito e consequências do desenvolvimento das “Smart Cities”. Uma das razões da falta de um consenso frente a definição, é porque além de diversos atores estarem envolvidos nos mesmos processos de planejamento, os domínios¹³ podem diferenciar de acordo com interesses regionais específicos.^v

Dessa forma, assim como dito, as “Smart Cities” por sua complexidade de implementação, podem ser divididas em domínios. Tendo isso em mente, uma das visões sobre uma “Smart City” é descrita incluindo 6 domínios distintos (GIFFINGER et. al, 2007):

¹³ “Domínios” podem ser definidos como áreas diferentes de uma mesma “Smart City”, ou seja, divide-se em setores de interesse (e.x. Energia, Água, Transporte, etc.) para facilitar o processo de planejamento da cidade.

1. **Economia Inteligente:** consiste em características que envolvem a competitividade econômica, incluindo empreendedorismo, inovação, flexibilidade, produtividade do mercado de trabalho, marcas registradas e participação no mercado global.
2. **Pessoas Inteligentes:** diz respeito não apenas ao nível de qualificação ou educação recebida pelos cidadãos, mas, às interações sociais adicionais e às percepções da vida pública.
3. **Governança Inteligente:** Diz respeito ao envolvimento político, serviços aos cidadãos e funções administrativas.
4. **Mobilidade Inteligente:** Inclui acessibilidade local e global com a presença de ICT's¹⁴ e sistemas de transporte sustentáveis e relevantes.
5. **Ambiente Inteligente:** Refere-se a condições naturais atraentes, incluindo espaços verdes, clima menos extremo, poluição reduzida, gerenciamento de recursos e trabalho para alcançar proteções ambientais.
6. **Vida Inteligente:** Inclui muitas características de qualidade de vida compostas por saúde, moradia, cultura, turismo e segurança.

As noções básicas de uma cidade inteligente e seus diferentes domínios, cada um com uma determinada estratégia e plano de ação a ser desenvolvido, podem ser visualizados também em alguns exemplos que, conforme o que foi apresentado, seguem os parâmetros de criação e implementação destas cidades. Com inovações abrangendo sistemas integrados de câmeras e sensores, redes de Wi-Fi usadas para monitorar o fluxo do tráfego, consumo de energia e água, além de crimes em espaços públicos, as cidades de Singapura, Barcelona, Oslo e Nova Iorque (HALEGOUA, 2020) se destacaram no que tange a aplicação dos ideais da nova geração tecnológica.^{VI}

Para além destas cidades que já trabalham com a integração da indústria 4.0 em seus sistemas urbanos, similarmente, eleva-se a questão da cidade de Dublin, e se examina, propriamente, a criação de um distrito inteligente na área de antigos bairros residenciais nas docas da cidade (COLETTA, et. al, 2019). Formalmente projetada como uma zona de desenvolvimento estratégico para a regeneração urbana local, recentemente denominada “Smart Docklands”, consiste em uma zona de inovação para novas tecnologias urbanas em teste, com centros de pesquisa universitários e contrapartes privadas, unindo os serviços da região a novas formas de parcerias entre as autoridades da cidade, startups locais e multinacionais.

¹⁴ ICT, ou Information and Communications Technology (Tecnologia de Informação e Comunicação), são todos os meios técnicos usados para tratar a informação e auxiliar na comunicação (hardware de computadores, rede).

Sendo assim, tal qual no caso dos portos e a aplicação das novas tecnologias da indústria 4.0 em seus processos gerenciais e nas diferentes zonas do porto, em prol da eficiência e, conseqüentemente, competitividade no cenário internacional, as cidades e centros urbanos também seguem os mesmos parâmetros de implementação e desenvolvimento de suas capacidades inteligentes, voltadas à eficiência dos processos inerentes de sua administração e autossuficiência. Conclui-se que, ambos os portos e centros urbanos dividem das mesmas necessidades e possibilidades de desenvolvimento frente as novas tecnologias da indústria 4.0, sendo que combinam nos seus objetivos, a desenvoltura tanto das infraestruturas quanto dos modelos administrativos, a fim de obter os melhores índices de eficiência e competitividade.

2.1. ESTUDOS DE CASO

Posto as premissas iniciais e a desenvoltura das ideias do trabalho, tem-se como complemento às discussões e a proposta da pesquisa de fato, essa de se implementar as novas tecnologias no desenvolvimento de novos portos mais eficientes e cidades mais inteligentes, estudos de caso para a construção das noções básicas requeridas.

Certamente, o objetivo exposto é de coletar informações referentes a implementação, propriamente dita, das tecnologias da indústria 4.0 e o seu impacto nas práticas de gestão portuária, em sua eficiência e competitividade, além dos planos de desenvolvimento urbano e a conseqüente administração municipal e estratégica decorrente.

Assim dizendo, como uma forma de introdução aos estudos de caso, estabeleceu-se que além de uma pesquisa mais técnica / teórica voltada para o estudo da estrutura logística e do funcionamento prático das novas tecnologias nos portos e terminais escolhidos, foi levada em consideração as noções dos benefícios para a estrutura macroeconômica dos países de estudo, sem contar os fatores de inovação das redes de desenvolvimento nacionais e internacionais deles.

2.1.1. Porto de Rotterdam – Rotterdam, Holanda

O primeiro estudo a ser elevado, foca na investigação do Porto de Rotterdam, na Holanda, e as suas relações geopolíticas e importância regional, assim como os fatores de inovação empregados nas operações diárias dele. Tendo isso em mente, também se vê importante a relação histórica e suas características físicas, ou seja, trazendo uma contextualização de suas atividades portuárias, além das questões práticas para tais atividades, tem-se um escopo mais preciso e, portanto, torna-se um modelo a ser seguido e aplicado nos parâmetros nacionais.

Iniciando suas atividades no século XIV, o porto, atualmente, opera mais de 35000 navios por ano, num total de 10,8 milhões de TEU¹⁵ (dado de 2008), com 430 milhões de toneladas movimentadas (dado de 2010) (COELHO, 2011). O Porto de Rotterdam, embora não seja mais o maior do mundo, sendo ultrapassado em 2004 por suas contrapartes asiáticas, como o porto de Xangai e de Singapura, continua tendo vital importância para o transporte marítimo e para as operações de comércio exterior.

Tendo mais de 100 km² e mais de 40km de extensão (o maior porto da Europa), o terminal de Rotterdam é um importante centro logístico no continente, uma vez que, serve como ponto de partida na distribuição de commodities e outros produtos para outras partes do mundo e para a própria Europa, utilizando das redes marítimas, fluviais e das extensas redes ferroviárias.

Frente à complexidade dos modelos aplicados em Rotterdam, procura-se selecionar algumas das inovações aplicadas no exemplo, dado que, o porto já na década de 90 tinha como objetivo a implementação de um modelo de “terminais automatizados”. Sendo assim, o exemplo holandês refere-se ao Hutchison Ports - ECT Delta Terminal, que viria contar com equipamentos modernos visando à melhora da sua produtividade (MONTEIRO; SILVA; BAHIA, 2021). Dentre os equipamentos implantados nas operações do porto, o Automated Guided Vehicles - AGV e o Automated Stacking Cranes – ASC se destacam, já que são capazes de realizar a movimentação e o armazenamento da carga de forma integrada a todos os envolvidos no processo e de forma automatizada.

Ademais, outro ponto de interesse na questão do Porto de Rotterdam, são as relações e acordos entre o porto e as outras partes envolvidas nos processos da cadeia logística e de suprimento das hinterlands¹⁶. De certa forma, a acessibilidade da “hinterland” é um dos principais fatores estratégicos na competição portuária. A containerização aumentou a cobertura geográfica do mercado de portos marítimos, e como resultado, as “hinterlands” de alguns portos marítimos se expandiram de regiões cativas para regiões contestáveis, evoluindo cada vez mais suas capacidades de processamento de carga, despacho, entre outras operações cruciais (HORST; LUGT, 2011).^{vii}

Posto isso, os operadores do terminal juntamente à municipalidade de Rotterdam introduziram uma série de acordos com terminais internos e outros operadores de infraestruturas de mobilidade, a fim de, capacitar e melhorar as ações deliberadas no que

¹⁵ TEU, ou Twenty Feet Equivalent (Equivalente de Vinte Pés), é a medida adotada para indicar a capacidade dos navios e de movimentação.

¹⁶ “Hinterlands”, pela visão estática, é caracterizada como uma área contínua atrás do porto. Com o desenvolvimento do conceito, foram inseridas relações funcionais entre o espaço marítimo e suas localizações funcionais fora do porto como áreas industriais e centros logísticos.

tangem a coordenação das respectivas ações do porto, introuzindo, além disso, como mencionado, as premissas de automação, IoT, etc. (HORST; LUGT, 2011).

2.1.2. Porto de Tanger Med – Tanger, Marrocos

O estudo a ser elevado, foca na análise do Porto de Tanger Med, no Marrocos, assim como o de Rotterdam, suas relações geopolíticas e importância regional. Tendo isso em mente, vê-se como importante a relação de sua evolução no contexto internacional de comercio marítimo, além dos métodos administrativos que foram adotados nas operações do porto e infraestruturas regionais. Dessa maneira, a questão do papel do porto de Tânger Med no reforço da competitividade internacional do Marrocos, tornou-se grande preocupação para o país, o qual ciente da importância do papel das cidades portuárias no crescimento de suas economias, particularmente no contexto atual, procurou atualizar suas infraestruturas e sistemas operacionais (IMRANI; BABOUNIA, 2016).

Sendo assim, ao procurar uma melhora na eficiência das operações do porto, as autoridades implantaram o sistema “Navis”. O sistema conta com uma série de módulos que podem ser adicionados ao sistema operacional denominado “Sparcsterminal” (IMRANI; BABOUNIA, 2016). Os módulos adicionais são “Expert Decking”, “Auto Stow”, “Quay Commander” e “Prime Road”. O primeiro consiste-se em uma posição do sistema de alocação de contêineres na área de armazenamento do terminal. O segundo é um software de planejamento de carregamento de embarcações. O terceiro realiza a alocação dos guindastes do cais às embarcações e pode acompanhar em tempo real o status das operações nos navios. Por fim, o módulo Prime Road realiza a atribuição de tarefas ao equipamento central do terminal portuário.

Tendo isso em mente, nota-se que estes esforços rapidamente acarretaram um claro e contínuo crescimento do porto e sua importância no contexto regional e mundial. Segundo a revista britânica “Container Management”, por exemplo, o Porto de Tanger Med que ocupava a 94ª posição em 2007, saltou para a 46ª posição em 2013.

2.1.3. Docas de Dublin (“Smart Docklands”) – Dublin, Irlanda

Como já trabalhado anteriormente na pesquisa, o terceiro exemplo foca na investigação das docas de Dublin, ou também conhecidas como “Smart Docklands”, assim como os modelos de ocupação adotados pelas partes públicas e privadas, e as relações intrínsecas delas nas operações diárias de uma cidade.

Estabelecido em 2018, as chamadas “Smart Docklands” é um projeto de redesenho urbano financiado pelo Dublin City Council e Science Foundation Ireland Research Center CONNECT, através do Programa de Pesquisa ENABLE no Trinity College Dublin. De certa forma, é o primeiro de seu tipo na Irlanda e no mundo, onde o município e o meio acadêmico financiaram um Escritório de Gerenciamento de Projetos (PMO) para desempenhar um papel entre o governo, a comunidade tecnológica e startups, proprietários de empresas, universidades e centros de pesquisa, e cidadãos de Dublin.

Ademais, a fim de integrar em um único sistema parcerias globais estratégicas com Google, IBM, AT&T, Accenture, Dense Air, Microsoft, Vodafone, Autodesk, Mastercard, Intel e Softbank, por exemplo, a iniciativa também desenvolveu redes de ampla área de baixa potência (do termo LPWAN). Existem 3 tipos principais de sensores LPWAN, LoRA, NB-IoT e Sigfox. Todos eles compartilham os seguintes benefícios:

- a. **Baixa potência:** Graças ao consumo mínimo de energia durante a transmissão de dados, sensores e dispositivos podem ser operados por até dez anos com uma única carga de bateria.
- b. **Longo alcance:** os dados podem ser enviados por muitos quilômetros. As bandas de frequência sem licença permitem que você opere suas próprias estações base e reduza os custos de conexão ao mínimo.
- c. **Deep indoor:** LPWAN oferece uma penetração de construção significativamente melhor do que as tecnologias de comunicação móvel padrão. Isso se vê importante em situações de troca de dados com sistemas em edifícios altos, porões ou estruturas industriais.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, conclui-se que após a aplicação das metodologias de análise e levantamento das capacidades das operações dos portos e terminais, tem-se os principais índices referentes a eficiência e, conseqüentemente, a competitividade das infraestruturas, além de se diagnosticar as problemáticas vigentes dos sistemas e linhas de produção e suprimento. Posto isso, entende-se que após a compreensão das deficiências de cada zona no porto, a aplicação de novas tecnologias da indústria 4.0 e novos modelos administrativos, são cruciais para implementar e melhorar as operações internas tanto dos portos quanto das cidades, as quais, inerentemente, vêm-se atreladas as premissas de desenvolvimento de infraestruturas mais capazes de se adequar à nova geração de controle de dados e informação, assim como as noções de eficiência e competitividade administrativa e de autossuficiência.

4. REFERÊNCIAS

Desempenho brasileiro em infraestrutura melhora em ranking. ABDIB, novembro de 2020. Disponível em: <<https://www.abdib.org.br/2020/11/27/desempenho-brasileiro-em-infraestrutura-de-transporte-melhora-em-ranking/>>. Acesso em: 8 de abr. de 2022

Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos. Portal da Indústria, 2020. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em: 6 de abr. de 2022

Exportação no Brasil: Presença no mercado global. Portal da Indústria, 2020. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/exportacao-e-comercio-exterior/>>. Acesso em: 6 de abr. de 2022

Porto de Qingdao demonstra sistema de transporte portuário inteligente. ABTLP, junho de 2021. Disponível em: <<http://www.abtlp.org.br/index.php/porto-de-qingdao-demonstra-sistema-de-transporte-portuario-inteligente/>>. Acesso em: 8 de abr. de 2022

Empresa chinesa arremata terminal para grãos vegetais no Porto de Santos e investirá mais de R\$ 760 milhões. G1 Santos, Santos, 31 de março de 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/porto-mar/noticia/2022/03/31/empresa-chinesa-arremata-terminal-para-graneis-vegetais-no-porto-de-santos-e-investira-mais-de-r-760-milhoes.ghtml>>. Acesso em: 8 de abr. de 2022

2022: Lucro líquido cresce 66% e atinge R\$ 547 milhões, recorde histórico da SPA pelo 3º ano consecutivo. Porto de Santos - SPA, Santos, 9 de fevereiro de 2023. Disponível em: <<https://www.portodesantos.com.br/2023/02/09/2022-lucro-liquido-cresce-66-e-atinge-r-547-milhoes-recorde-historico-da-spa-pelo-3o-ano-consecutivo/>>. Acesso em: 5 de ago. de 2023.

Porto de Roterdã. COELHO, L. C., 28 de março de 2011. Disponível em: <<https://www.logisticadescomplicada.com/porto-de-roterda/>>. Acesso em: 7 de ago. de 2023.

Smart Docklands – A Smart Dublin District. SMART DUBLIN. Disponível em: <<https://smartdocklands.ie/about/>>. Acesso em: 29 de jul. de 2023.

IBM ROTTERDAM. Port of Rotterdam Authority. Disponível em: <https://www.ibm.com/case-studies/port-of-rotterdam-authority>>. Acesso em: 15 jun. de 2023.

World GDP Ranking. World Bank. 2022. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BR>>. Acesso em: 14 de jul. de 2023.

ESMER, SONER. (2008), Performance Measurements of Container Terminal Operations. Pp. 238 – 243.

ACOSTA, C. M. M.; SILVA, A. M. V. A.; LIMA, M. L. P. (2011), Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. Journal of Transport Literature, vol. 5, n. 4, pp. 88-102.

WANG, S.; WAN, J.; LI, D.; ZHANG, C. (2016), Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks.

MENEGAZZO, L. R.; FACHINELLO, A. L. (2014), Análise de nível de eficiência dos portos brasileiros. Revista de Economia, v. 40, n. 3.

MOURA, D. A. (2020), Indústria 4.0 – Análise de operações portuárias em terminais de contêineres. Research Gate.

MONTEIRO, A. L.; SILVA, L. B.; BAHIA, M. P. (2021), Automação portuária alinhada à Internet das Coisas – IOT. FATECLOG XII.

- FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. (2012), Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, Vol. 6, n. 4, pp. 133-146.
- HIRATA, E.; WATANABE, D.; LAMBROU, M. (2022), Supply Chain: Recent Advances and New Perspectives in the Industry 4.0 Era. Pp. 107-127.
- SARKAR, B. D.; SHANKAR, R.; KAR, A. K. (2022), Port logistic issues and challenges in the Industry 4.0 era for emerging economies: an India perspective. *Research Gate*.
- MUKHERJEE, A.; SACHDEVA, R. (2003), "Maritime and air transport services: India's approach to privatization". *Transport and Communication Bulletin for Asia and The Pacific*. Vol. 73.
- RENGAMANI, J.; VENKATRAMAN, V. (2015), "A study on the performance of major ports in India". *International Journal of Management (IJM)*. Vol. 6, n. 10, pp. 48-55.
- HASSAN, S. (1993), "Port Activity Simulation: An Overview". *Simulation Digest*. Pp. 17-36.
- TRUJILLO, L.; NOMBELA, G. (1999), Privatization and Regulation Of The Seaport Industry. *Policy Research Working Paper* 2181.
- HALEGOUA, G. R. (2020), *Smart Cities - The MIT Essential Knowledge Series*. Massachusetts Institute of Technology.
- GIFFINGER, R.; CHRISTIAN, F.; HANS, K.; KALASEK, R.; PICHLER-MILANOVIĆ, N.; EVERT, M. (2007), *Smart cities - Ranking of European medium-sized cities*. Centre of Regional Science, Vienna UT.
- COLETTA, C.; EVANS, L.; HEAPHY, L.; KITCHIN, R. (2019), *Creating Smart Cities*. Routledge. Pp. 8-10.
- LAI, C. S.; JIA, Y.; DONG, Z.; WANG, D.; TAO, Y.; LAI, Q. H.; WONG, R. T. K.; ZOBAA, A. F.; WU, R.; LAI, L. L. (2020), A Review of Technical Standards for Smart Cities. *Clean Technol*.
- GORGES, S. C. (2021), *Smart Ports: Caracterização e Investigação da Implementação de Práticas Inteligentes em Portos e terminais Brasileiros*. UFSC.
- LI, K. X.; LI, M.; ZHU, Y.; YUEN, K. F.; TONG, H.; ZHOU, H. (2023), Smart port: A bibliometric review and future research directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Vol. 174.
- LANGEN, P. W. DE; HEIJ, C. (2014), *Corporatisation and Performance: A Literature Review and na Analysis of the Performance Effects of the Corporatisation of Port of Rotterdam Authority*. Routledge – *Transport Reviews*. Vol. 34, n. 3, pp. 396-414.
- HORST, M. R. VAN DER; LUGT, L. M. VAN DER. (2011), Coordination mechanisms in improving hinterland accessibility: empirical analysis in the port of Rotterdam. *Routledge – MARIT. POL. MGMT*. Vol. 38, n. 4, pp 415-435.
- IMRANI, O. EL; BABOUNIA, A. (2016), Tangier Med Port: What role for the Moroccan Economy and the International Trade?. *Internacional Journal of Research in Management, Economics and Commerce*. Vol. 6, pp. 73-81.
- IMRANI, O. EL; BABOUNIA, A. (2016), The logistics of port container terminals: What prospects for fostering the role of Tangier Med port in the global maritime logistics?. *Journal of Business and Economics*. Vol. 4, n. 1.